

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
this Office.

願 年 月 日
Date of Application:

1999年 8月 6日

願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第223958号

願 人
Applicant(s):

株式会社エム・アール・システム研究所

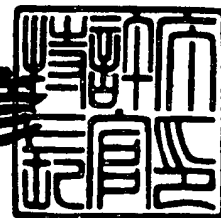
16678 U.S. PTO
09/512836
02/25/00

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 1月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3092149

(translation of the front page of the priority document of
Japanese Patent Application No. 11-223958)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this Office.

Date of Application: August 6, 1999

Application Number : Patent Application 11-223958

Applicant(s) : Mixed Reality Systems Laboratory Inc.

January 7, 2000

Commissioner,
Patent Office

Takahiko KONDO

Certification Number 11-3092149

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR11109

【提出日】 平成11年 8月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/445

【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記憶媒体

【請求項の数】 34

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 坂川 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 片山 昭宏

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 小竹 大輔

【特許出願人】

【識別番号】 397024225

【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100093908

【弁理士】

【氏名又は名称】 松本 研一

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100101306

【弁理士】

【氏名又は名称】 丸山 幸雄

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 現実物体の実写画像をもとにして形成された空間データにより前記現実物体を仮想物体として記述し、この空間データにより前記仮想物体の仮想画像を生成する画像処理方法であって、

現実の照明位置に置かれた照明光源により前記現実物体を照明しながら、現実のカメラ視点位置から、前記現実物体の実写画像を取得し、

前記実写画像をオブジェクト化された空間データに変換し、

この空間データを、前記現実照明位置における種々の照明条件と共に検索可能にメモリに記憶することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記照明光源の照明位置は複数の異なった位置に設定され、各照明位置における位置情報と照明条件とは、対応する空間データと共に前記メモリに記憶されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記カメラ視点位置は複数の異なった位置に設定され、各々の視点位置毎に得られた空間情報はその視点位置情報と共に記憶されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 4】 前記空間データは光線空間理論データであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 5】 1 つの照明位置に対して、照明条件を複数通りに異ならせ、個々の照明条件についての空間データを前記メモリに記憶することを特徴とする請求項 1 乃至 4 に記載の画像処理方法。

【請求項 6】 現実物体の実写画像をもとにして形成された空間データにより前記現実物体を仮想物体として記述し、この空間データにより前記仮想物体の仮想画像を生成する画像処理方法であって、

現実のカメラ視点位置と現実照明光源の照明位置と照明条件と共に、実写画像より生成された空間データを記憶しておき、

前記現実カメラ視点位置と前記空間データとに基づいて、ユーザ視点位置における対象物体の仮想画像の座標を生成し、

前記現実照明位置と現実照明条件、ならびに、仮想照明光源に設定された仮想照明位置と仮想照明条件とに基づいて、前記仮想画像の画素値を補正することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 7】 前記現実照明光源の照明位置は複数の異なった位置に設定され、各照明位置における位置情報と照明条件とは、対応する空間データと共に前記、メモリに記憶されていることを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理方法。

【請求項 8】 前記現実カメラ視点位置は複数の異なった位置に設定され、各々のカメラ視点位置毎に得られた空間情報はその視点位置情報と共に記憶されることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の画像処理方法。

【請求項 9】 前記空間データは光線空間理論データであることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 10】 前記仮想照明光源の照明条件を、任意の値に変化させて設定する工程を具備し、前記補正工程は変化された照明条件に応じて補正することを特徴とする請求項 6 乃至 9 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 11】 複数の仮想照明光源が同時にオンする場合に、1 つの画素位置について、各々の仮想照明光源に従って補正した複数の補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 6 乃至 10 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 12】 複数の仮想照明光源の内の一部が同時にオンする場合には、1 つの画素位置について、オンしている仮想照明光源の各々に従って補正した補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 6 乃至 11 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 13】 補正された画素値が飽和しているか否かを判断する工程と、飽和している場合に、仮想照明光源の一部または全部の照明条件を、照明の輝度若しくは照度が低下する方向に仮想的に変更する工程とを具備し、

変更された照明条件に応じて補正工程を再実行することを特徴とする請求項 6 乃至 12 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 14】 照明条件は、照明をオンするか否かであることを特徴とする請求項 6 乃至 13 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 1 5】 照明条件は、照度若しくは輝度であることを特徴とする請求項 6 乃至 1 4 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 1 6】 照明条件は、仮想照明光源と対象物体との相対的位置であることを特徴とする請求項 6 乃至 1 5 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 1 7】 照明条件は、照明の色であることを特徴とする請求項 6 乃至 1 5 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 1 8】 現実物体の実写画像をもとにして形成された空間データにより前記現実物体を仮想物体として記述し、この空間データにより前記仮想物体の仮想画像を生成する画像処理装置であって、

現実の照明位置に置かれた照明光源により前記現実物体を照明しながら、現実のカメラ視点位置から、前記現実物体の実写画像を取得する手段と、

前記実写画像を画素毎にオブジェクト化された空間データに変換手段と、

この空間データを、前記現実照明位置における種々の照明条件と共に検索可能なメモリに記憶する手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 9】 前記照明光源の照明位置は複数の異なった位置に設定され、各照明位置における位置情報と照明条件とは、対応する空間データと共に前記メモリに記憶されることを特徴とする請求項 1 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 0】 前記カメラ視点位置は複数の異なった位置に設定され、各々の視点位置毎に得られた空間情報はその視点位置情報と共に記憶されることを特徴とする請求項 1 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 1】 前記空間データは光線空間理論データであることを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 0 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 2】 1 つの照明位置に対して、照明条件を複数通りに異ならせ、個々の照明条件についての空間データを前記メモリに記憶することを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 3】 現実物体の実写画像をもとにして形成された空間データにより前記現実物体を仮想物体として記述し、この空間データにより前記仮想物体の仮想画像を生成する画像処理装置であって、

現実のカメラ視点位置と現実照明光源の照明位置と照明条件と共に、実写画像

の画素毎にオブジェクト化された空間データを記憶する手段、

前記現実カメラ視点位置と前記空間データとに基づいて、ユーザ視点位置における対象物体の仮想画像の座標を生成する生成手段と、

前記現実照明位置と現実照明条件、ならびに、仮想照明光源に設定された仮想照明位置と仮想照明条件とに基づいて、前記仮想画像の画素値を補正する補正手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2 4】 前記現実照明光源の照明位置は複数の異なった位置に設定され、各照明位置における位置情報と照明条件とは、対応する空間データと共に前記メモリに記憶されていることを特徴とする請求項 2 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 5】 前記現実カメラ視点位置は複数の異なった位置に設定され、各々のカメラ視点位置毎に得られた空間情報はその視点位置情報と共に記憶されることを特徴とする請求項 2 3 または 2 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 6】 前記空間データは光線空間理論データであることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 5 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 7】 前記仮想照明光源の照明条件を、任意の値に変化させて設定する手段を具備し、前記補正手段は変化された照明条件に応じて補正することを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 8】 複数の仮想照明光源が同時にオンする場合に、1 つの画素位置について、各々の仮想照明光源に従って補正した複数の補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 7 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 9】 複数の仮想照明光源の内の一部が同時にオンする場合には、1 つの画素位置について、オンしている仮想照明光源の各々に従って補正した補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 8 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 3 0】 補正された画素値が飽和しているか否かを判断する手段と、

飽和している場合に、仮想照明光源の一部または全部をの照明条件を、照明の輝度若しくは照度が低下する方向に仮想的に変更する手段とを具備し、

変更された照明条件に応じて補正手段を再実行することを特徴とする請求項 2

3 乃至 2 9 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 3 1】 照明条件は、照明をオンするか否かであることを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 0 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 3 2】 照明条件は、照度若しくは輝度であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 1 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 3 3】 照明条件は、仮想照明光源と対象物体との相対的位置であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 2 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 3 4】 照明条件は、照明の色であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 2 のいずれかに記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、実写画像データを基にして仮想空間を表現する際に、仮想光源に起因する仮想物体上での陰影の付与を行う画像処理装置及び方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

仮想空間を、3次元幾何形状を基に記述するのではなく、実写画像を基に記述表現する手法が数多く提案されている。これらはImage Based Rendering（以下、IBRと略す）と呼ばれており、実写画像を基にするが故に、3次元幾何形状を基にする手法からは得られない写実性の高い仮想空間を表現できる点に特徴がある。

【0 0 0 3】

IBRの一手法である光線空間理論に基づいた仮想空間の記述に関する試みが提案されている。例えば、電子情報通信学会論文誌「CGモデルと光線空間データとの融合による仮想環境の実現」(D-11, Vol. J80-D-11 No. 11, pp3048-3057, 1997年11月)、または、「3次元統合画像通信を目指したホログラムと光線空間の相互変換」(3D Image Conference)などを参照。

【0 0 0 4】

光線空間理論について説明する。

【0005】

第1図に示すように実空間に座標系 $O-X-Y-Z$ を設置する。 Z 軸に垂直な基準面 P ($Z=z$) を通過する光線を、光線が P を横切る位置 (x, y) と、光線の方角を示す変数 θ, ϕ で表すことにする。すなわち、1本の光線は (x, y, z, θ, ϕ) の5つの変数により一意に定められる。この光線の光強度を表す関数を f と定義すると、この空間中の光線群データは $f(x, y, z, \theta, \phi)$ で表現することが出来る。この5次元の空間を「光線空間」と呼ぶ。

【0006】

ここで、基準面 P を $z=0$ に設定し、光線の垂直方向の視差情報、すなわち ϕ 方向の自由度を省略すると、光線の自由度を (x, θ) の2次元に縮退させることができる。この $x-\theta$ 2次元空間は、光線空間の部分空間となる。そして、実空間中の点 (X, Z) を通る光線(第2図)は、 $u = \tan \theta$ とおくと、 $x-u$ 空間上では、第3図に示すように、

【0007】

[数1]

$$X = x + u \cdot Z$$

【0008】

という直線上に写像される。

カメラによる撮影とは、カメラのレンズ焦点を通過する光線を撮像面で受光し、その明るさや色を画像化する操作に相当する。言い換えると、焦点位置という実空間中の1点を通る光線群を画像として画素数分獲得していることになる。ここでは、 ϕ 方向の自由度を省略し、 $X-Z$ 平面内のみでの光線の振舞いを考えているので、画像中の Y 軸との直交面と交わる線分上の画素のみを考えることになる。このように、画像の撮影によって1点を通る光線を集めることができ、1回の撮影で $x-u$ 空間の1本の線分上のデータを獲得することができる。

【0009】

この撮影を視点位置を変え多数行くと、多数の点を通る光線群を獲得することができる。第4図のように N 台のカメラを用いて実空間を撮影すると、 n 番目 ($n = 1, 2, \dots, N$) のカメラ C_n の焦点位置 (X_n, Z_n) に対応して、第5図の

ごとく、

【0 0 1 0】

〔数 2〕

$$x + Z_n u = X_n$$

の直線上のデータを入力することができる。このように、十分に多数の視点からの撮影を行うことによって、 $x-u$ 空間を密にデータで埋めていくことができる。

【0 0 1 1】

逆に、 $x-u$ 空間のデータ（第 6 図）から、新しい任意の視点位置からの観察画像を生成することができる（第 7 図）。この図に示すように、目の形で表した新しい視点位置 $E(X, Z)$ からの観察画像は、 $x-u$ 空間上の数式 1 の直線上のデータを $x-u$ 空間から読み出すことによって生成できる。

【0 0 1 2】

【発明が解決しようとする問題点】

実写画像データを用いた画像処理の不得意な分野に、仮想照明による陰影の付与と影の生成とがある。陰影や影は、物体の起伏に応じて変化するものの、実写画像データは、幾何学形状に関する情報を有しないために、陰影や影の再生が困難だからである。即ち、幾何学形状情報を含む空間データを基にして仮想物体を描画し、その物体に付与されるべき陰影を描画し、或いはこの物体による影を描画することは、幾何学形状情報による画像処理分野（例えばコンピュータグラフィックス（以下、CGと略す）では周知ではあっても、光線空間などの実写画像を用いる画像処理分野では未知の分野である。

【0 0 1 3】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記従来技術の問題点を解決するために提案されたもので、その目的は、実写画像を元にした空間データから仮想物体の陰影を生成するのに好適な空間データの記録に適した画像処理方法並びに画像処理装置を提案する。

【0 0 1 4】

本発明の他の目的は、実写画像を元にした空間データから仮想物体の陰影を高

速に生成する画像処理方法並びに画像処理装置を提案する。

【0015】

本発明の他の目的は、仮想光源を任意に、位置や条件を変更した場合にも陰影を適切に生成できる画像処理方法並びに画像処理装置を提案する。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明を適用した画像処理装置及び画像処理方法を詳細に説明する。この画像処理装置及び画像処理方法は、光線空間データから、仮想照明により仮想物体に付与すべき陰影を描画し、その仮想照明による影を描画する機能を有する。

【0017】

第8図は、実施形態の画像処理システムの構成を示す。第8図に示したハード構成は通常のワークステーションの構成である。即ち、ハード構成自身は通常のワークステーションと異なるところはない。

【0018】

このシステムは、ユーザに仮想空間をCRT 23上に提示するものである。ユーザはマウス28を操作してその仮想空間を自由にウオークスルーしたり、仮想空間中の物体を操作（移動や回転あるいは拡大など）することができる。即ち、仮想空間内の物体は実写画像に基づいて光線空間データの変換されてディスク25に前もって格納されているが、ウオークスルーするにつれて視点位置が移動すると、移動した視点位置での光線空間データオブジェクト画像を第7図にて説明したように生成する。この画像をテクスチャマップ24にて仮想空間に配置した透明な板に貼り付け、それを含む仮想空間全体をレンダリングしてCRT 23上に表示する。また、テクスチャマップ24は、同時に影のテクスチャも物体の底部に配置した透明な板に貼り付ける。

【0019】

第9図は、本システムのディスク25に格納された光線空間データの記録手法を説明する。即ち、第1図～第7図において説明したように、(X, u)空間の一本の直線で表される光線空間データは実写画像の1ライン分の画像に相当する。

【0 0 2 0】

第 8 図において、2 9 は実写画像を得るためのカラーカメラである。このカメラ 2 9 は移動機構 3 0 に装着され、CPU 2 0 は後述の制御プログラムに従って移動機構 3 0 を駆動して、カメラ 2 9 の位置を移動させる。カメラの移動位置、即ち、移動した視点位置（姿勢も含む）は移動機構 3 0 を介して CPU 2 0 は知ることができる。3 2 は照明用の光源である。この照明も移動機構 3 1 を介して任意の位置に移動される。移動位置は CPU 2 0 により検出される。

【0 0 2 1】

カメラ 2 9、特に照明 3 1 を移動可能にしたのは、複数の既知の位置の照明（実の照明）により発生する陰影を撮影するためである。本システムは、実の陰影画像に基づいて、陰影付きの光線空間データを前もって生成する。また、光源位置から見た物体の輪郭画像を影画像データベースとして保持する。

【0 0 2 2】

〈仮想照明による陰影の生成〉

第 1 0 図は、陰影のデータ取得の原理を説明する。同図において、1 0 0 は、現実物体であり、この例では、簡単化のために、円錐 1 0 0 である。同図において、1 0 1、1 0 2 は撮影経路であり、この経路に沿って複数の撮影位置が指定されている。第 1 0 図の例では、経路 1 0 1 は円錐 1 0 0 を上下方向で一周する経路であり、経路 1 0 2 は水平方向で円錐 1 0 0 を一周する経路である。例えば、経路 1 0 1（一周 3 6 0 度）において 1 0 度ずつの刻みで 3 6 ポイントの視点位置の夫々において円錐 1 0 0 を撮像すると、円錐 1 0 0 の 3 6 枚分の画像が得られ、その 3 6 枚分のカラー画像は、陰影を有した対象物体 1 0 0 の画像であり、この画像は前述のように光線空間データに変換されて、ディスク 2 5 に記憶される。

【0 0 2 3】

第 1 0 図において、一方、2 0 0、2 0 1 は照明用光源 3 2 の移動経路である。移動経路 2 0 0、2 0 1 は、たとえば、夫々半円上の円弧形状を有し、互いに直交する。即ち、経路 2 0 0、2 0 1 は夫々 1 8 0 度の移動範囲を有する。光源 3 2 の移動刻みの大きさを 1 0 度とすると、経路 2 0 0 と 2 0 1 の夫々について

1 8 ポイント（合わせて 3 6 ポイント）の照明位置が得られる。

【 0 0 2 4 】

後述するように、照明位置の多さは陰影および影の形状の精度に影響する。従って、水平方向の撮影位置の経路と垂直方向の撮影経路における 1 0 度刻みの幅は全くの例示であり、刻み幅を必要に応じて増減することは全く任意である。

【 0 0 2 5 】

本例では、36ポイントの照明位置に対してそれぞれ光線空間データが生成される。また、各々の光線空間データは36枚の画像から生成される。1つのオブジェクトをRSで表すと、オブジェクトRSは、照明位置の引数Lを有するので、RS(L)と表すことができる。第 1 1 図は、照明位置Lから照明された実物体 1 0 0 を移動するカメラ 2 9 によって撮影して得られた実画像 $RI_i(L)$ (i は経路 2 0 1, 2 0 2 上の視点位置) が一端ディスク 2 5 に記憶され、更に、光線空間データオブジェクトRS(L)に変換されて記憶される様子を説明する。

【 0 0 2 6 】

第 1 2 図は、複数の仮想照明が与えられている仮想空間において、ある視点位置における物体 1 0 0 の仮想画像 1 0 0' を描画する際の陰影の生成の手法を説明する。第 1 2 図の例では、仮想空間において、3つの仮想照明 (L_1, L_2, L_3) が設定され、仮想照明 (L_1, L_2) がONされ、仮想照明 (L_3) がOFFされているように設定されている。すると仮想物体である円錐 1 0 0' の表面の領域 3 0 0 と 3 0 1 は薄い陰影が、3 0 2 には濃い陰影が形成されなくてはならない。このような陰影が形成された仮想物体 1 0 0' を仮想視点位置 i から見れば、第 1 3 図のような仮想物体が描画される筈である。このような描画が成されるためには、第 1 4 図に示すように、視点位置 i において照明位置 L_1 にライトが設けられて生成された光線空間データオブジェクト画像 $RS_i(L_1)$ と、視点位置 i において照明位置 L_2 にライトが設けられて生成された光線空間データオブジェクト画像 $RS_i(L_2)$ とが合成されればよい。

【 0 0 2 7 】

第 1 5 図は、複数のカメラ視点位置 i の各々においてカメラ 2 5 を実物体に向け、複数の照明位置Lの各々から実物体を照明してその実物体の画像を取得し（

ステップ S 12)、その画像データを、照明位置 L 毎の光線空間データ RS に変換してディスク 25 にセーブ (ステップ S 20) するものである。

【0028】

第 16 図は、各照明位置における照明装置の種々の照明条件を示す。これらの条件は、実画像の光線空間データを記憶するときに、各照明の照明条件 (既知である) を記録しておいたものである。本画像処理システムのアプリケーション・プログラムが仮想空間でのウォークスルーを実現するものであるならば、そのアプリケーション・プログラムは、仮想空間中に仮想物体を描画するに際して、そのアプリケーション・プログラムの仕様に依拠して或いはユーザ指示を入力して、各照明 (仮想照明) を仮想的に ON/OFF するようにしている。即ち、第 12 図、第 13 図に関連して説明したように、ON している全ての照明による寄与が考慮された陰影を付された仮想物体の画像を描画するものである。

【0029】

第 17 図は、そのアプリケーション・プログラムによって画像描画を行う制御手順である。

【0030】

ステップ S 30 では、描画すべき視点位置 i を決定する。この指定された視点位置 i は、ステップ S 18 で既に記憶されている光線空間データ RS を参照するのに用いられる。ステップ S 32 では、当該視点位置 i に対して前もって記憶されている光線空間データオブジェクトに対して描画を終了しているかを判断する。描画が終了していない場合には、ステップ S 34 に進み、ユーザ (または当該アプリケーション・プログラム) が ON することを希望している仮想照明を見つけるために、第 16 図のテーブルをサーチする。ON 指定がなされている仮想照明の光線空間オブジェクト $RS_I(L_{ON})$ に対してはステップ S 38, ステップ S 40 の処理を行う。ここで、 L_{ON} は ON 指定がなされている仮想照明の番号である。ステップ S 38 の描画処理の詳細は第 18 図に示されている。

【0031】

ON されている照明の番号を L_n で表せば、ステップ S 60 ~ ステップ S 64 はオブジェクト $RS(L_n)$ を処理する。即ち、ステップ S 60 では、オブジェクトの照

明 L_n に対する相対位置を計算し、ステップ S 6 2 で、その相対位置に従ってオブジェクトデータを取得する。ステップ S 6 4 では、当該照明 L_n の照度を考慮して、オブジェクト $RS(L_n)$ の画像を生成する。照明を考慮しないときの RGB 値の夫々に対して、照度値が大きいほど、そして、照明までの距離が近いほど、画素値を大きく変更する。即ち、第 2 0 図に示すように、実照明の照度 (R_0) と位置 (即ち距離 D_0) を考慮し、実照明と同一の方向にある仮想照明 (照度 R_x 、距離 D_x) に対して、実画像の画素値を P とすると、仮想画像の画素値 P_x は、 f を所定の関数とすると、

【0 0 3 2】

[数 3]

$$P_x = f(P, D_x, D_0, R_x, R_0)$$

【0 0 3 3】

となる。

かくして、オブジェクトの描画が終了する。

【0 0 3 4】

第 1 7 図のステップ S 4 0 に戻って、次に ON されている照明を参照し、ステップ S 3 6 に戻り、更に、ステップ S 3 8 → ステップ S 3 8 の処理を繰り返す。

【0 0 3 5】

照明 ON と設定されている全ての仮想照明についてステップ S 3 8 の処理が終了すると、ステップ S 4 2 に進み、ここで、各仮想照明について演算されたその画素の画素値の和を演算する。ここで、画素値の和は、各生成画像の、対応する画素位置の画素値を単に加算するだけでよい。ステップ S 4 4 で、ステップ S 4 2 で計算された画素値の和が表示装置 (CRT 2 3) の色域 (gamut) をオーバーしているか否かを判断する。オーバーフローしていると判断された場合には、ステップ S 4 6 でリスタート処理を行う。リスタート処理とは、オーバーフローが起こらない程度に仮想照明を照度を下げて、再度レンダリングをやり直すものであり、その詳細は第 1 9 図に示される。

【0 0 3 6】

まず、ステップ S 6 6 で、全オブジェクトをオーバーフローとマークする。ステ

ップ S 6 8 では、全ての仮想照明の照度（第 1 6 図のテーブル参照）の設定を下げる。ステップ S 7 0 では仮想環境を再度レンダリングする。

【0 0 3 7】

一方、ステップ S 4 4 でオーバフローがないと判断されれば、ステップ S 5 0 で次のオブジェクトを参照し、ステップ S 3 2→ステップ S 3 4 に戻る。ステップ S 3 2 で Y E S の判断が出力されたときは、一画面分の全ての画素についての光線空間データが処理されたことになり、その結果として、たとえば、第 1 3 図のように、2 つの仮想照明が O N されている状況（第 1 2 図）での仮想画像が生成されたことになる。

【0 0 3 8】

〈陰影付与の効果〉

〈仮想照明による影の付与〉

本実施形態の画像処理装置は、仮想照明による陰影の付与の他に、仮想照明による影の付与機能も有する。影の形状は、物体の幾何形状と影が投影される面（以下、「貼付面」と呼ぶ）の形状によって支配される。しかしながら、光線空間データ等の IBR 画像は、物体についての幾何形状を有さないもので、影についての処理が従来では困難であったのは前述したとおりである。本実施形態の画像処理装置では、影の画像についても、陰影のときと同じように、前もって生成しておく。また、貼付面は、CG の分野では周知の所謂「境界箱」(bounding box)を利用して生成する。

【0 0 3 9】

第 2 1 図、第 2 2 図は、現実物体の例である円錐 1 0 0 の影データを生成する手法の原理を説明する。

【0 0 4 0】

即ち、第 2 1 図において、照明 3 2 が同図の位置から現実の円錐 1 0 0 を照明する場合において、この照明 3 2 の位置（姿勢も含む）に略一致させた位置にカメラ 2 9 を配置して、照明 3 2 によって照明された対象物体 1 0 0 の像を撮影する。この画像 1 2 0 は、たとえば、第 2 2 図のような形状を有し、その輪郭 1 2 1 は、対象物体 1 0 0 が照明 3 2 によって照射されたときに発生する影に概ね近

い形状を有する筈である。換言すれば、陰影を生成するときは、陰影が付与されている物体の実写画像を光線空間データの形式で前もって記録するために、カメラによる撮影を行ったが、影の生成では、影の画像を得るために対象物体の撮影を行う。

【0 0 4 1】

輪郭形状 1 2 1 は、影画像の基になるもので、以下、単に「輪郭形状」と呼ぶ。仮想照明による影（仮想の影である）は、輪郭形状を、仮想照明の視点位置を座標軸とする座標変換、即ち、アフィン変換を施すことによって得ることができる。たとえば、仮想照明の仰角が低い場合には第 2 3 図のような長細い影が生成されるはずであり、仰角が高い場合には第 2 4 図のような詰まった長さの影が生成されるはずである。

【0 0 4 2】

影の形状は、上記輪郭形状の他に、貼付面の形状の影響を受ける。貼付面が決定されていれば、影の形状は、輪郭形状を、その貼付面へ射影したときの形状となる。この射影形状はアフィン変換で表現される。

【0 0 4 3】

次に、貼付面の生成原理について説明する。

【0 0 4 4】

現実世界における影は物体の形状に即した形状を有する。即ち、影は物体の形状に即した範囲内で生まれる。本実施形態の特徴は、貼付面の形状（即ち範囲）を、対象物体（仮想物体）の境界箱の貼付面の範囲に限定するものである。

【0 0 4 5】

例えば、第 2 5 図に示すように、実際には複雑な幾何形状を有する 2 つの動物おもちゃ 3 0 1 の仮想画像が存在する場合には、この仮想画像の空間的広がりを全て包含する境界箱(bounding box)を求める。この箱は通常は直方体形状に設定され、第 2 5 図の例では箱 3 0 0 となる。この箱の投影形状 3 0 2 は第 2 5 図に示すように矩形となる。この投影形状 3 0 2 が貼付面となる。

【0 0 4 6】

第 2 6 図は、輪郭形状を得るための制御手順である。

【0047】

ステップS100で、カメラ29と照明装置32とを任意の位置Lに設置する。ステップS102では、この位置Lで、照明32で実物体を照明し、その画像を取得する。ステップS104ではその画像から輪郭を取得する。ステップS106では、その輪郭内の画素値を黒とする。また、透明度(transparency)を所定値(完全透明ではないが、仮想物体の表面が透けて見える程度の透明度)に設定する。

【0048】

ステップS108の処理は選択的である。即ち、画像撮像面(カメラの位置・姿勢)が影の投影面(照明の位置・姿勢)と平行でないのであれば、影画像の再投影処理が必要となる。しかし、第21図の例では平行ではないが、それらの面のなす角度が小さいため、誤差は少ないと予想され、そのような再投影処理を行わなくても見た目には大差がない。尚、実物体からではなく、仮想物体から輪郭を得る場合には、透視体積(perspective viewing volume)を、描画面が影画像の面と一致するように設定することができる。

【0049】

ステップS108のぼかし処理は、実際の影が、その輪郭部分においてぼけていることを考慮したものである。即ち、ぼかし処理を加えることにより、影の画像をより自然となるようにすることができる。更に、物体からより離間した位置に投影される影に対するぼかし量を増やすことにより、更に自然感を向上させることができる。このぼかし処理を、仮想物体の画像から生成した輪郭画像に対して行う場合には、視野に対する奥行き(depth-of-field)効果で描画するときに使われる不定透視体積(jittered viewing volume)を用いて実現できる。

【0050】

ステップS110ではこうして得られた影の画像データをセーブし、ステップS112では、次の撮影位置(照明位置)L+1に移動し、ステップS100に戻る。

【0051】

尚、ステップS110でのデータのセーブは、その影の画像データが、照明と

物体との相対位置の値によってインデックスされるようにしてセーブされる。

【0 0 5 2】

かくして、複数の照明位置から物体を照明したときの輪郭を前もって、影画像として準備しておくことができる。

【0 0 5 3】

第 2 7 図は影の描画の詳細な手順を説明する。

【0 0 5 4】

即ち、ステップ S 1 2 0 では、影を生成すべき仮想物体の光線空間データをメモリから取り出す。

【0 0 5 5】

ステップ S 1 2 2 では、影を生成する可能性のある仮想照明を全て検出する。ステップ S 1 2 6 乃至ステップ S 1 3 4 は、これら仮想照明のうちの照明が ON と設定されている照明による影画像の描画処理である。即ち、ステップ S 1 2 6 では、ON と設定されてる 1 つの照明 L を見つける。ステップ S 1 2 8 では、貼付面の形状を計算する。貼付面の形状は、前述したように、仮想物体の境界箱の幾何形状と光源の相対位置とが与えられるならば計算することができる。影貼付面の幾何形状は、その境界箱内の任意の要素がその貼付面上に投影される影を有するものとなるように設定することが可能である。

【0 0 5 6】

尚、貼付面を決定するための境界箱は、場合によっては、極めて単純化することができる。例えば、天井からの反射光や外光が光源となる場合には、例えば第 2 8 図のように、境界箱内に内接する楕円 3 0 5 のような極めて単純な貼付面とすることができる。

【0 0 5 7】

ステップ S 1 3 0 では、照明 L に対する物体の相対位置に対応させて影画像を描画する。ステップ S 1 1 0 で述べたように、影の画像は、照明 L に対する実物体（仮想物体）の相対位置の値によってインデックスされていた。したがって、この相対位置を用いて影データから対応する画像をメモリから取り出すことができる。ステップ S 1 2 0 で読み出した仮想物体の RS データは、この相対位置を計

算するのに用いられる。この場合にはアフィン変換を用いる。もし必要ならば、再投影と影画像のぼかしが実行される。ステップ S 1 3 2 では生成された影画像を貼付面に張り付ける。この貼付はテクスチャマッピング（第 8 図の 2 4）を用いて行う。

【0 0 5 8】

ステップ S 1 3 4 では、他の照明を考慮するために、ステップ S 1 2 4 に戻る。即ち、他の ON している照明がある場合には、換言すれば複数の照明による影が存在し得る場合には、上述の手法によって生成された影の画像は、周知の GC 描画法（画像の半透明性を考慮する）によって合成される。

【0 0 5 9】

〈影生成の効果〉

以上説明した実施形態の影生成は、光線空間理論などの IBR データ（幾何形状情報を有さない）によって表現される仮想物体に対しても、所望の位置の照明からの影を適切に生成することができる。

【0 0 6 0】

本発明は更に種々変形が可能である。

【0 0 6 1】

上記実施形態では、光線空間データは計算によって求めていたが、前もってテーブル化した RAM や ROM を用いても良い。

【0 0 6 2】

表示装置は CRT に限られない。レンティキュラタイプや HMD タイプの表示装置に適用できる。

【0 0 6 3】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、実写画像をもとにした空間データから構成した仮想物体に陰影を適切に付与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 光線空間データを生成する原理を説明する図。

【図 2】 実空間でのデータを説明する図。

【図 3】 図 2 の空間が光線空間データによって表されたときの図。

【図 4】 カメラが複数ある時の実空間データを生成する原理を説明する図。

【図 5】 カメラが複数ある時の光線空間データを生成する原理を説明する図。

【図 6】 カメラが複数ある時の光線空間データから、任意の視点位置における光線空間データ ($x+Zu=X$) を生成する原理を説明する図。

【図 7】 図 6 の任意視点からの実空間を再構成する原理を説明する図。

【図 8】 実施形態の画像処理装置の構成を説明する図。

【図 9】 実施形態における光線空間データの記憶を説明する図。

【図 10】 対象物体の陰影つき実写画像を、異なる複数のカメラ視点の夫々において、異なる複数の照明位置から照明した場合に得る手法を説明する図。

【図 11】 対象物体の陰影つき実写画像の光線空間データを生成する過程を説明する図。

【図 12】 L_1 , L_2 に置かれた仮想照明によって照明された仮想物体の仮想視点位置 i から見たときの陰影の発生の状況を説明する図。

【図 13】 図 12 の仮想物体において付与される陰影の状況を説明する図。

【図 14】 ディスクに記憶されたデータの中から、視点位置 i 、照明位置 L_1 , L_2 に対応する光線空間データ RS を引き出す手法を説明する図。

【図 15】 対象物体の陰影付き実写画像を取得し光線空間データに変換するまでの制御手順を示すフローチャート。

【図 16】 図 15 の光線空間データを取得の際に設定された各照明条件を記憶する表の図。

【図 17】 任意の仮想照明が設けられたときの仮想物体の陰影付き画像を生成する制御手順のフローチャート図。

【図 18】 図 17 の描画ルーチンを説明するフローチャート図。

【図 19】 図 17 のリスタートルーチンを説明するフローチャート図。

【図 20】 対象物体に対する照明の位置に応じて画素値を制御する原理を説明する図。

【図 21】 任意の対象物体の影画像の元となる輪郭線を生成する原理を説明

する図。

【図 2 2】 図 2 1 の原理により抽出された輪郭線の例を示す図。

【図 2 3】 仮想照明の位置の変化（低くなる）に応じて、図 2 2 で得られた輪郭線が変化する様子を説明する図。

【図 2 4】 仮想照明の位置の変化（高くなる）に応じて、図 2 2 で得られた輪郭線が変化する様子を説明する図。

【図 2 5】 実施形態における貼付面の生成原理を説明する図。

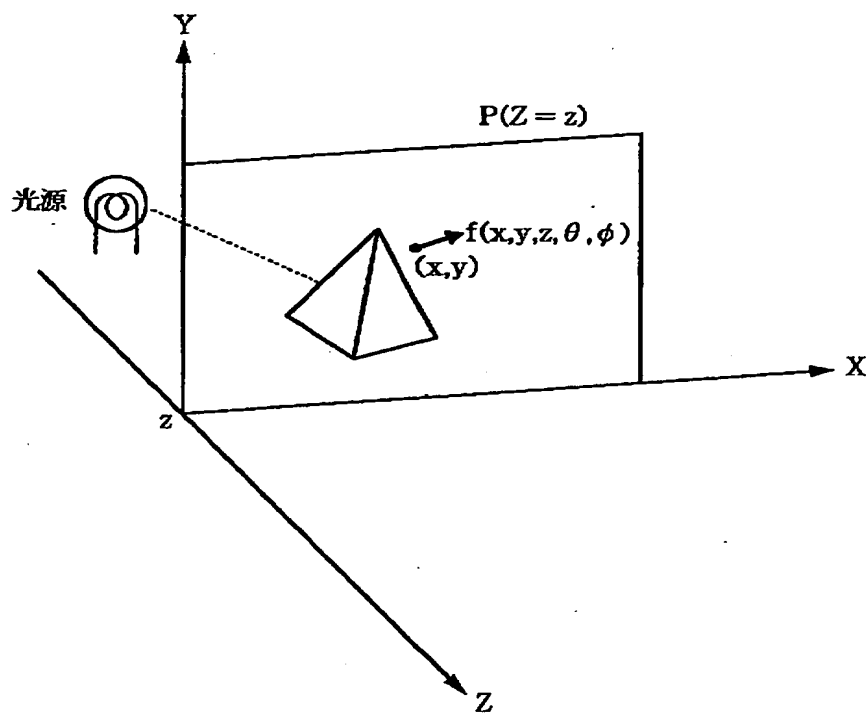
【図 2 6】 影画像を前もって生成する制御手順のフローチャート。

【図 2 7】 前もって生成された影画像を仮想物体に張り付ける制御手順のフローチャート。

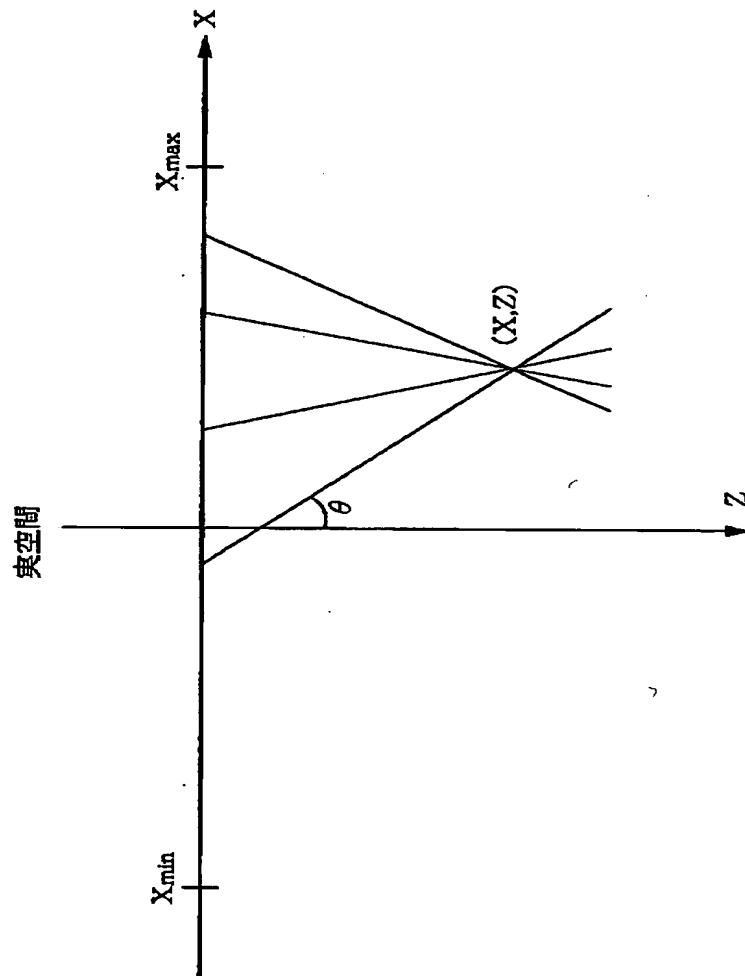
【図 2 8】 貼付面を簡易に生成する原理を説明する図。

【書類名】 図面

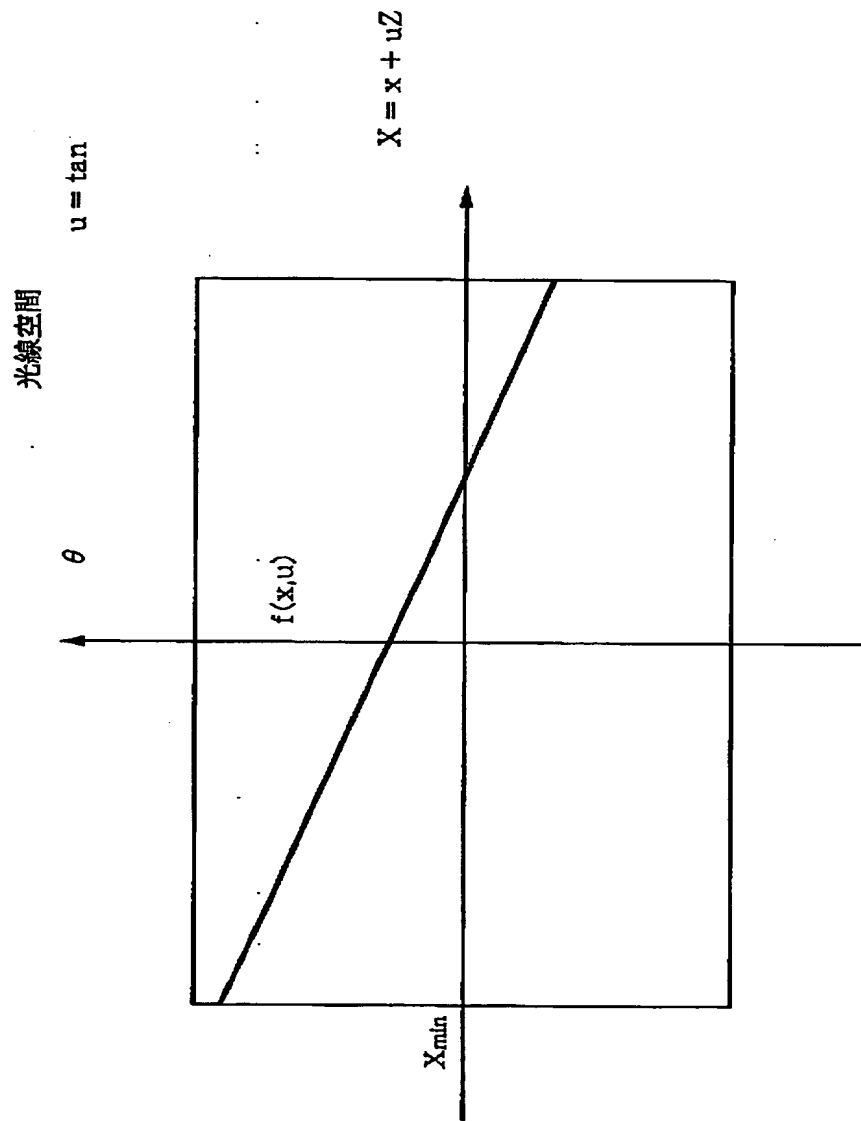
【図 1】



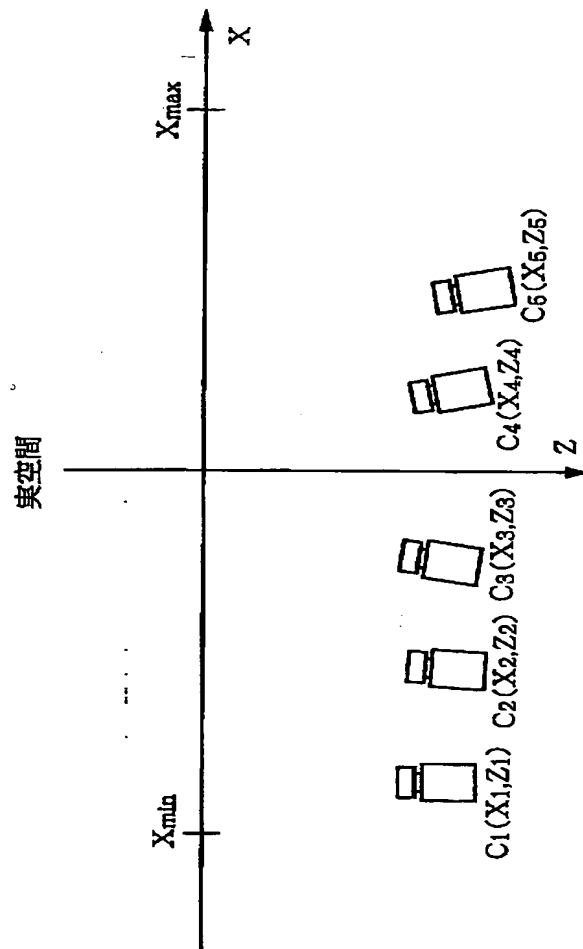
【図 2】



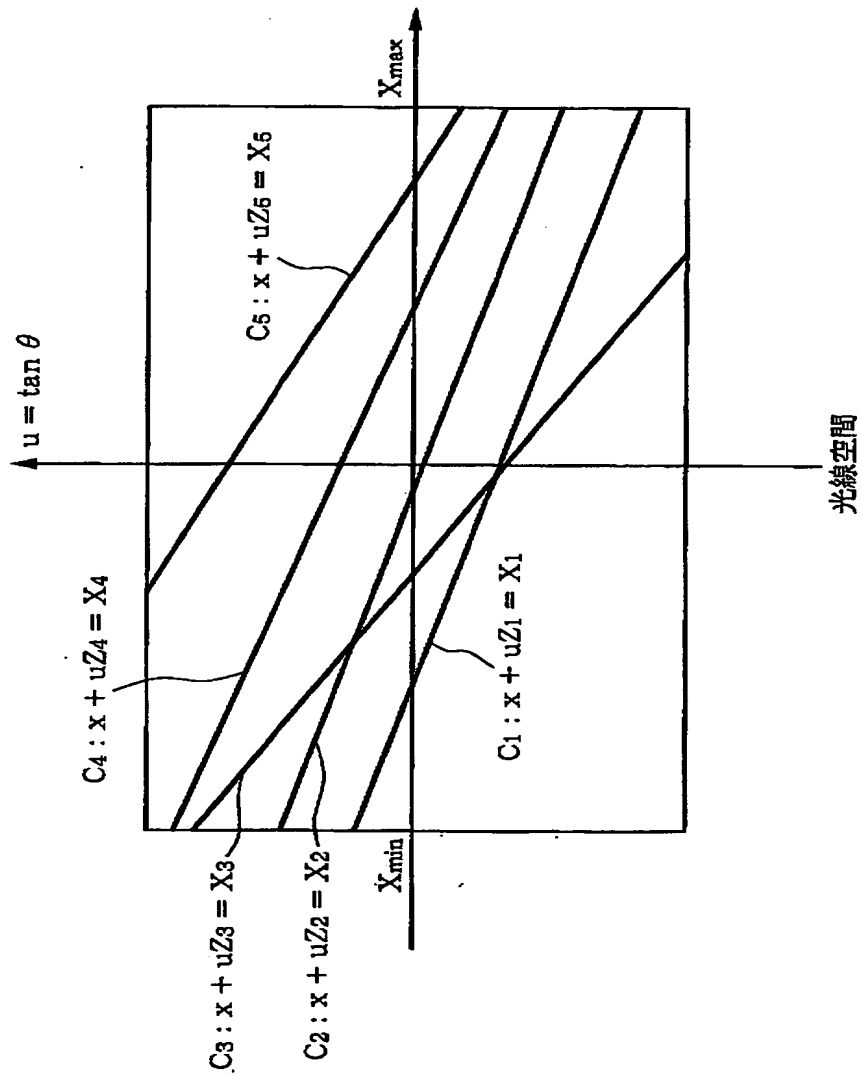
【図 3】



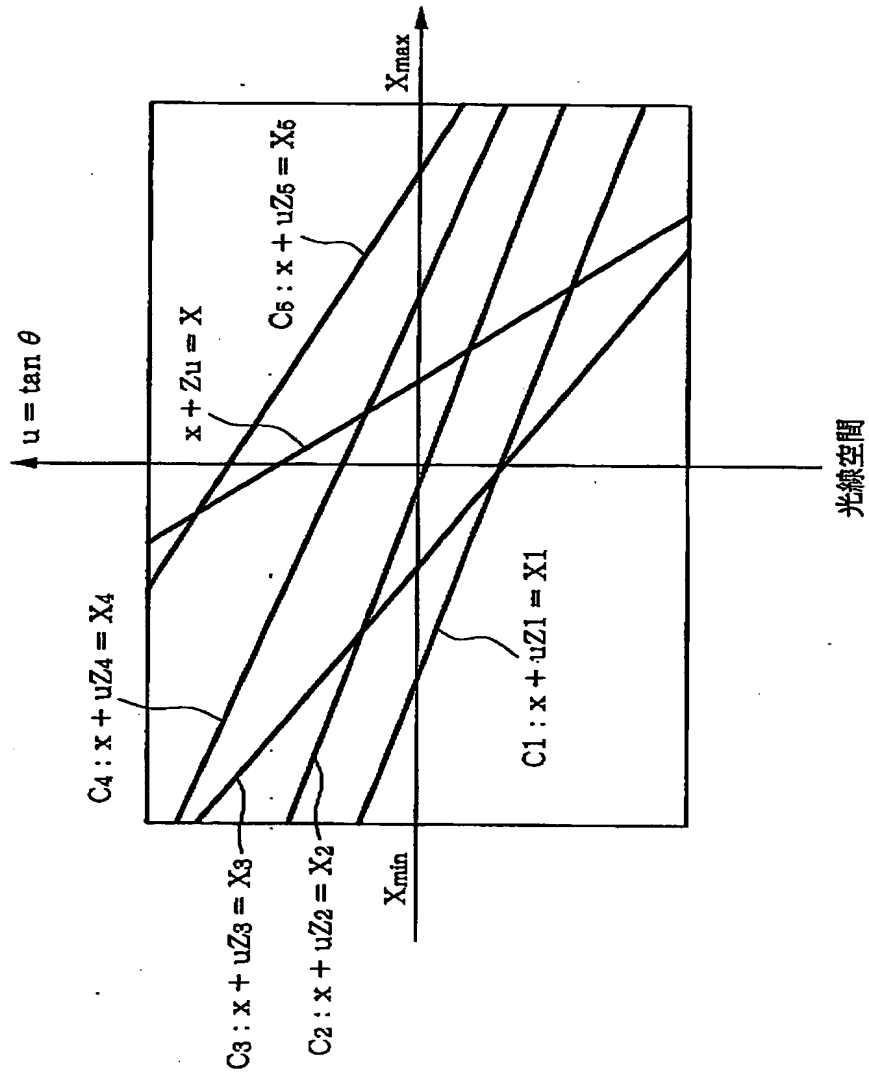
【図 4】



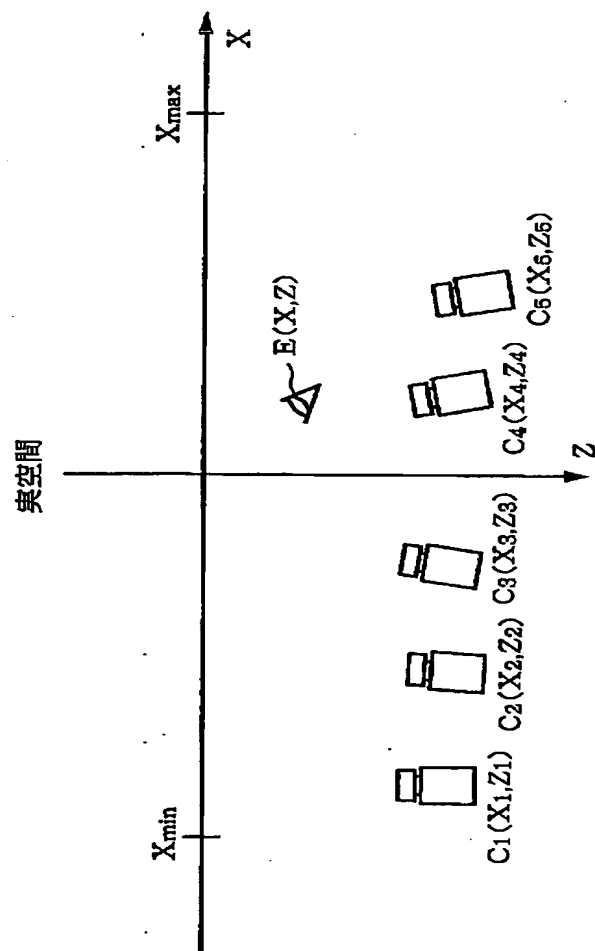
【图 5】



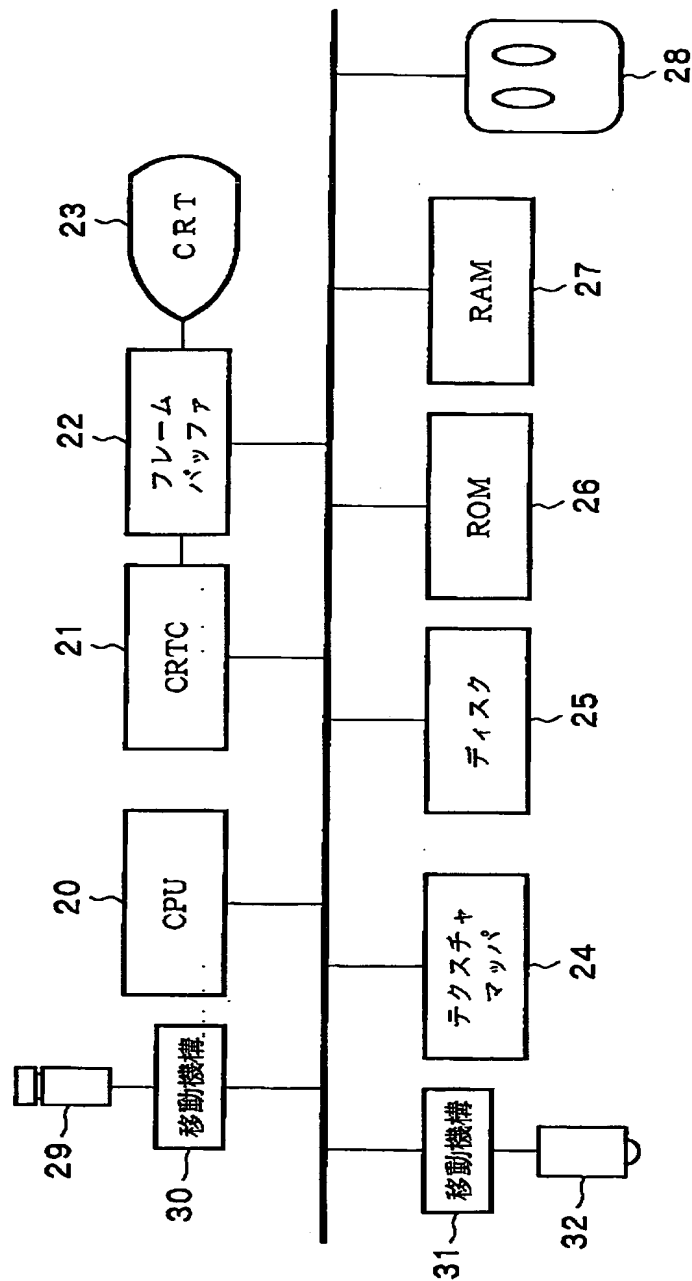
【图 6】



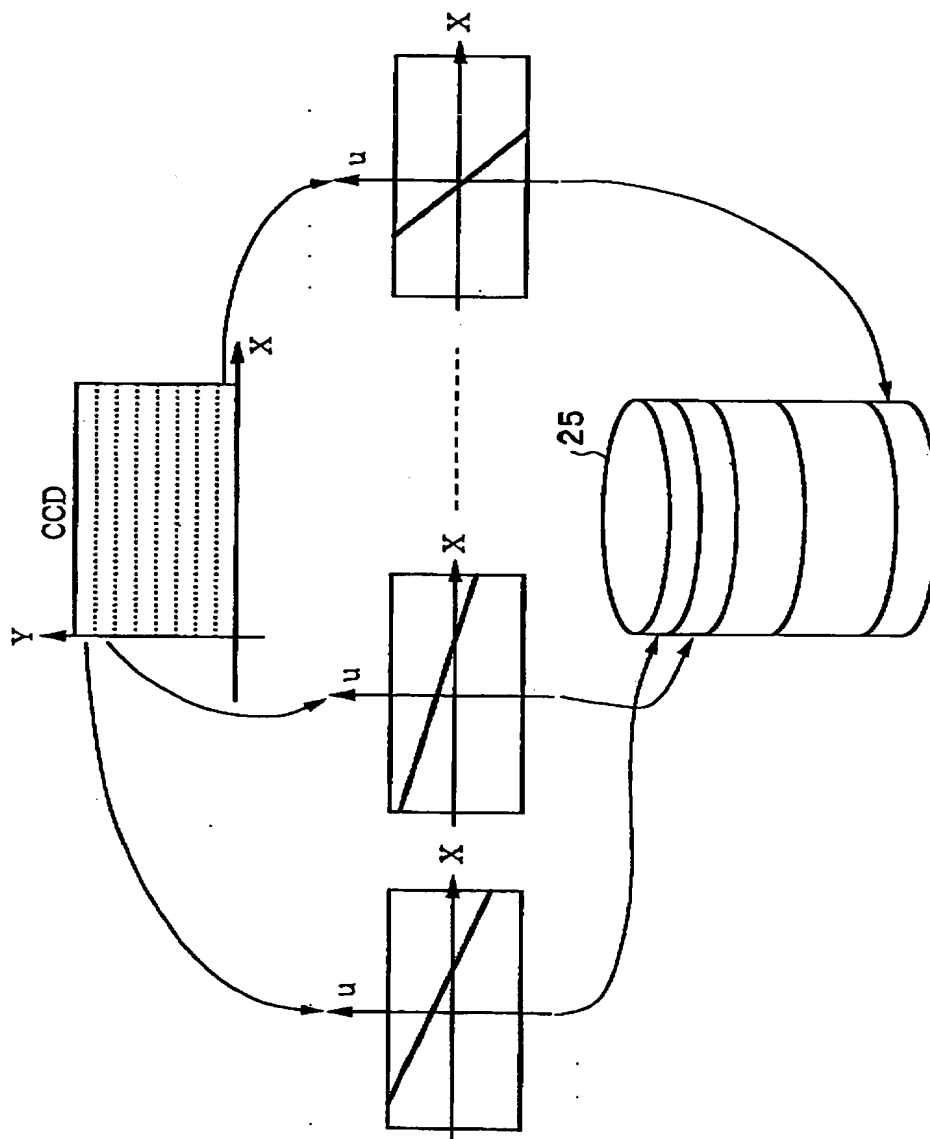
【図 7】



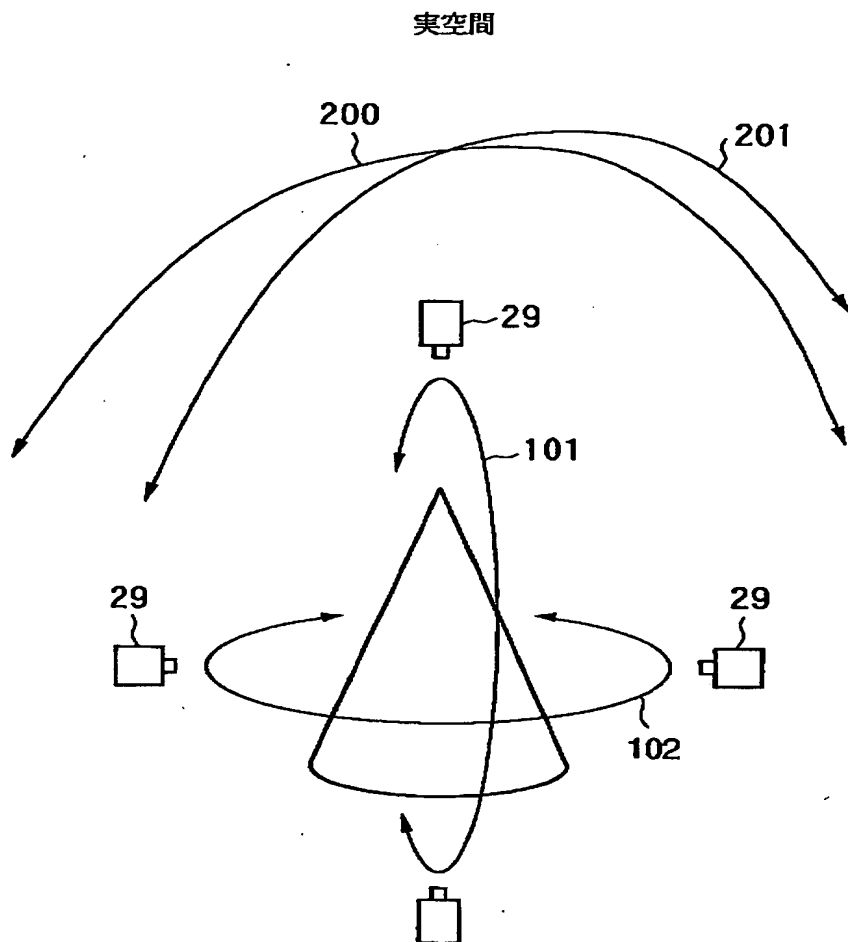
【図 8】



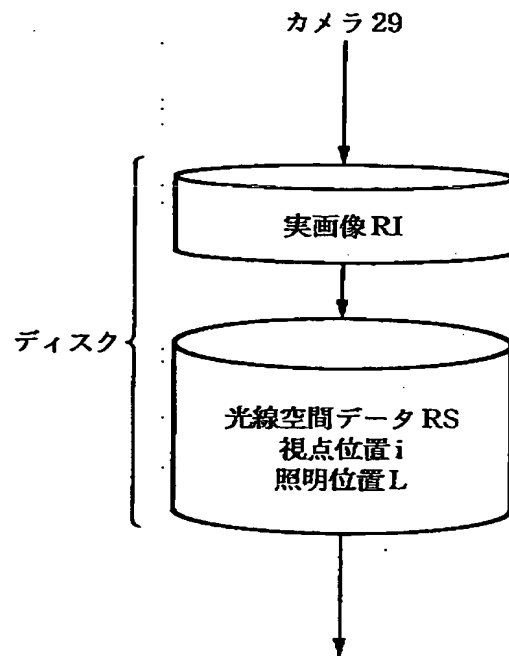
【図 9】



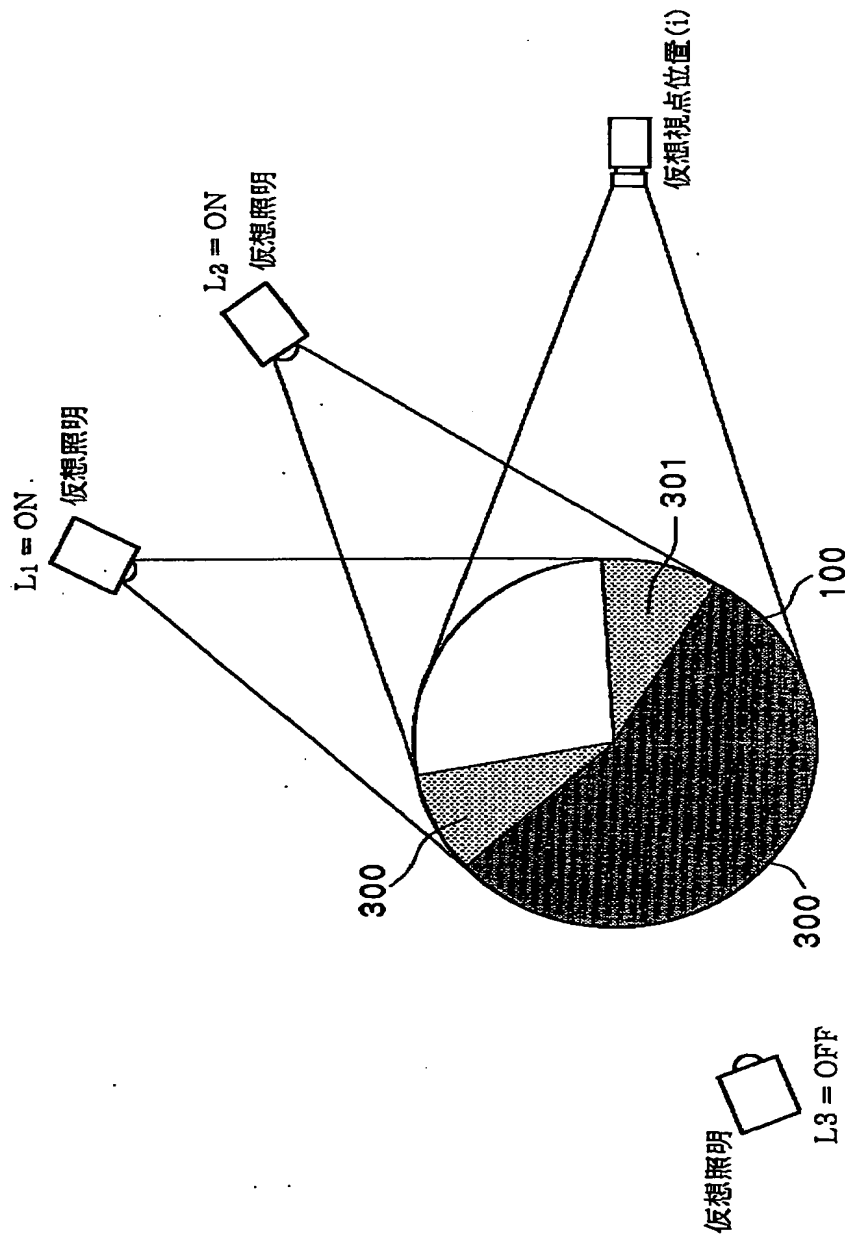
【図 1 0】



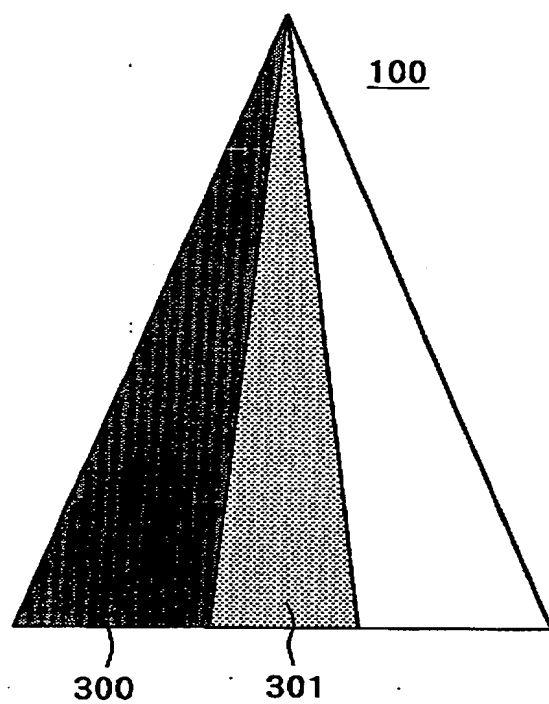
【図 1 1】



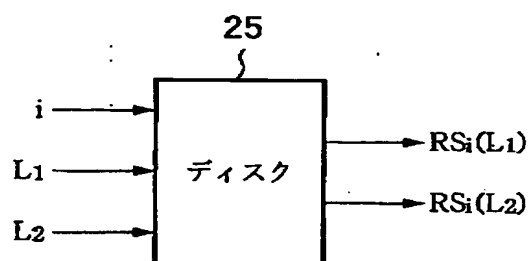
【図 1 2】



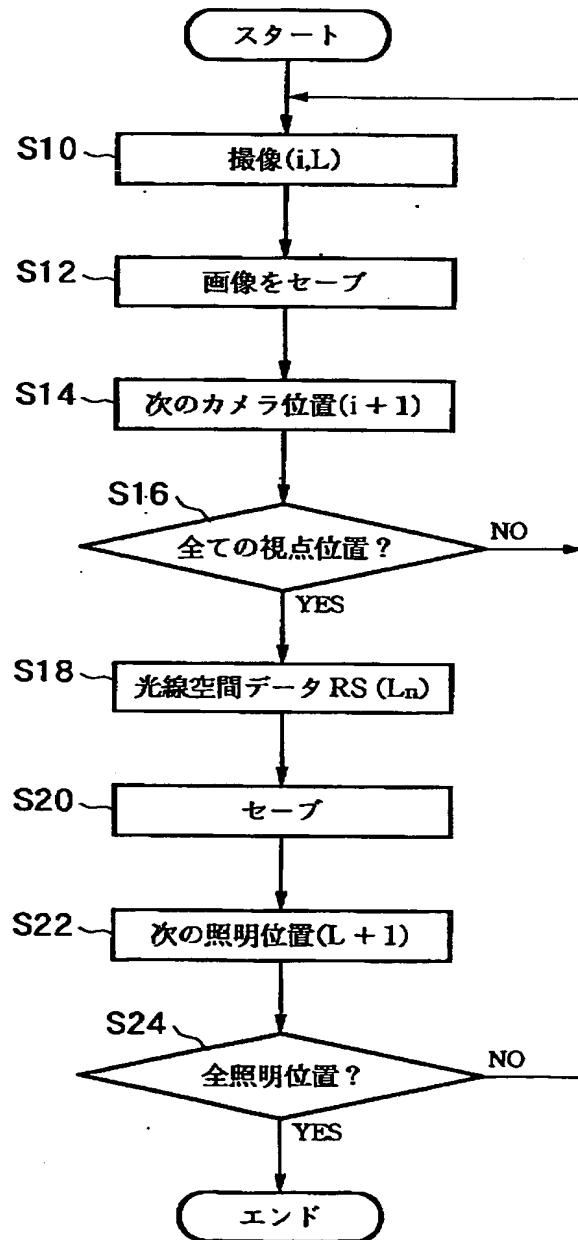
【図 1 3】



【図 1 4】



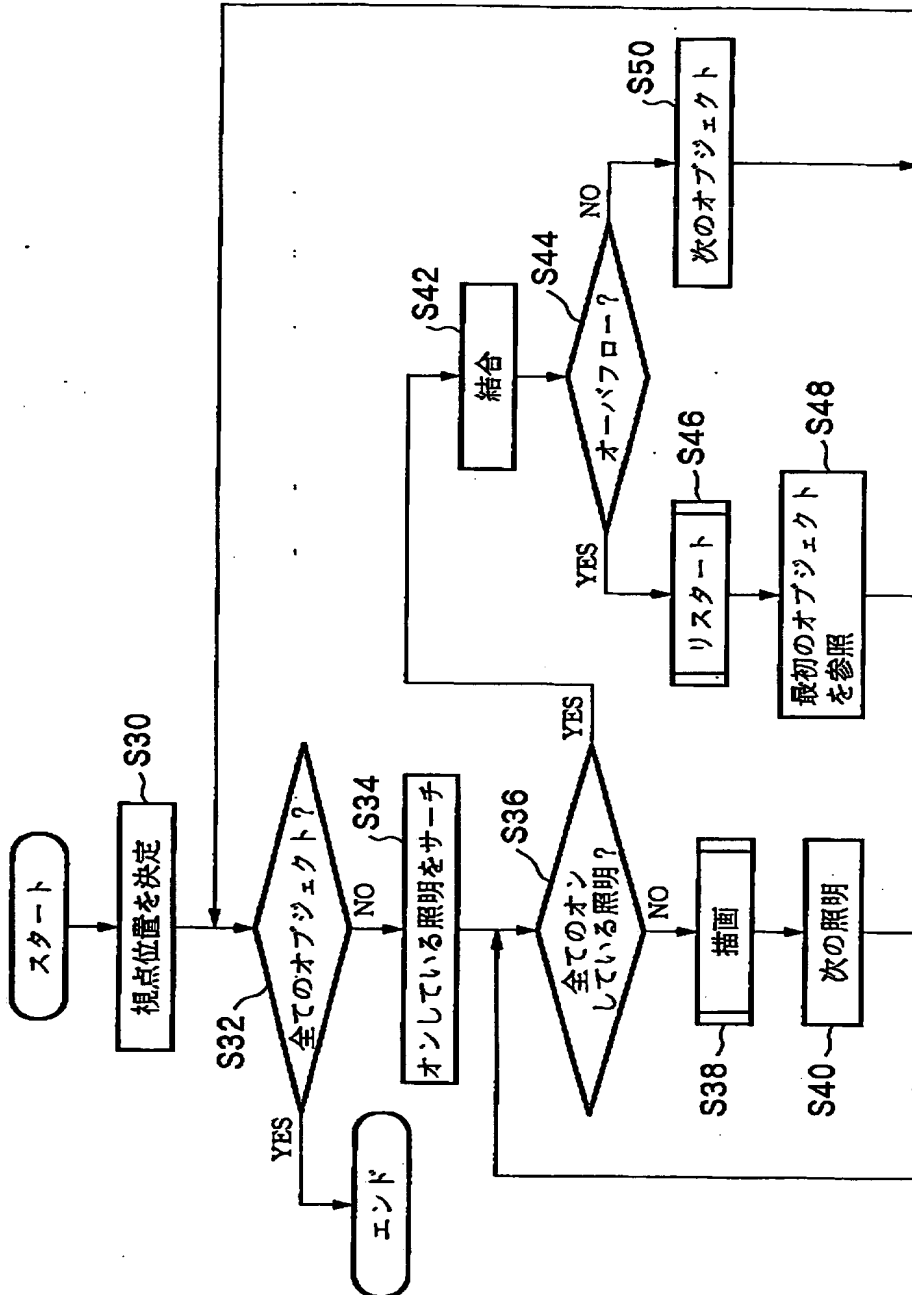
【図 1 5】



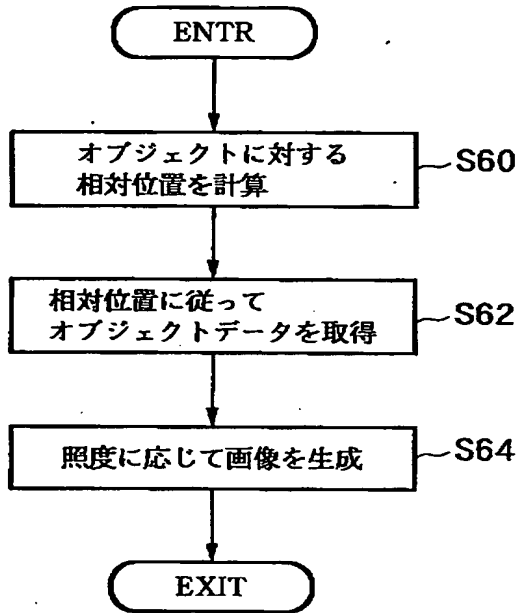
【図 1 6】

照明 ID	ON/OFF	位置	照度	色
L1				
L2				
L3				
:				
:				

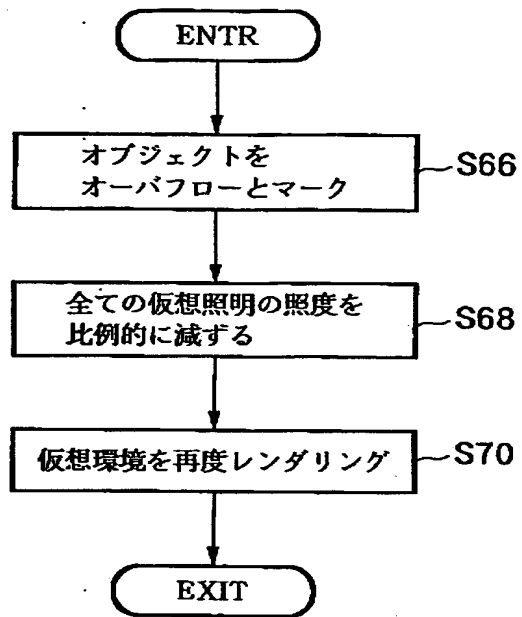
【図 17】



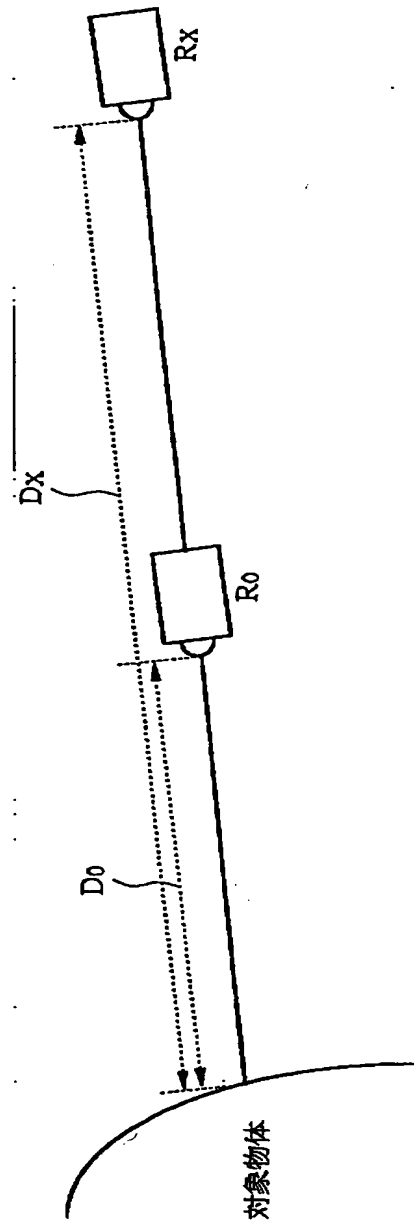
【図 1 8】



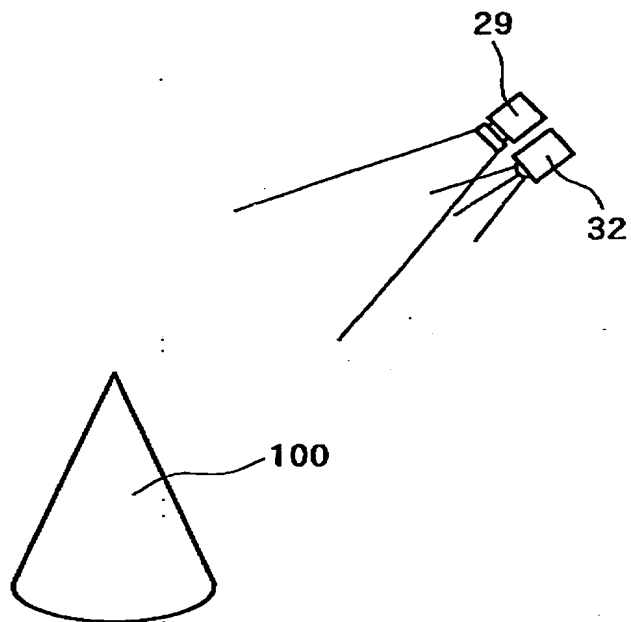
【図 1 9】



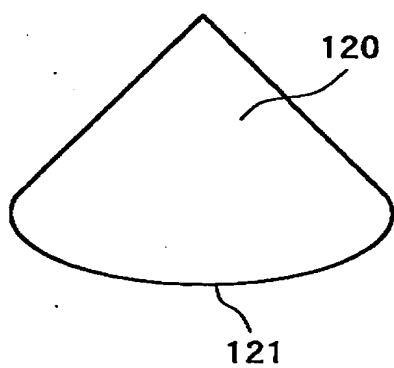
【図 20】



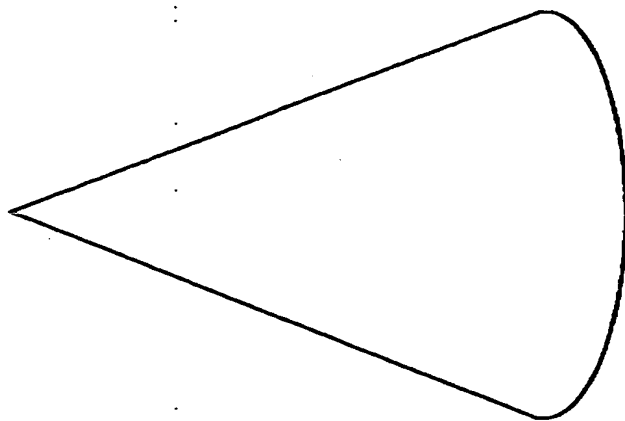
【図 21】



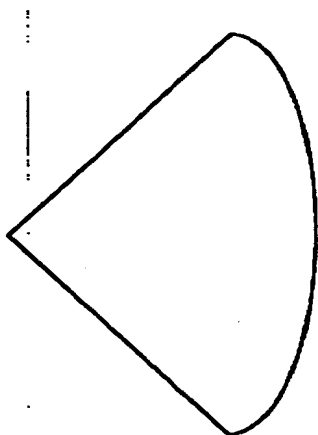
【図 22】



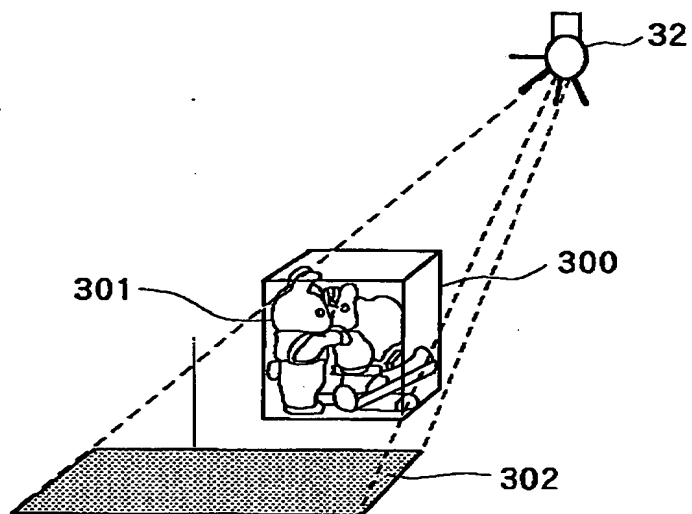
【図 2 3】



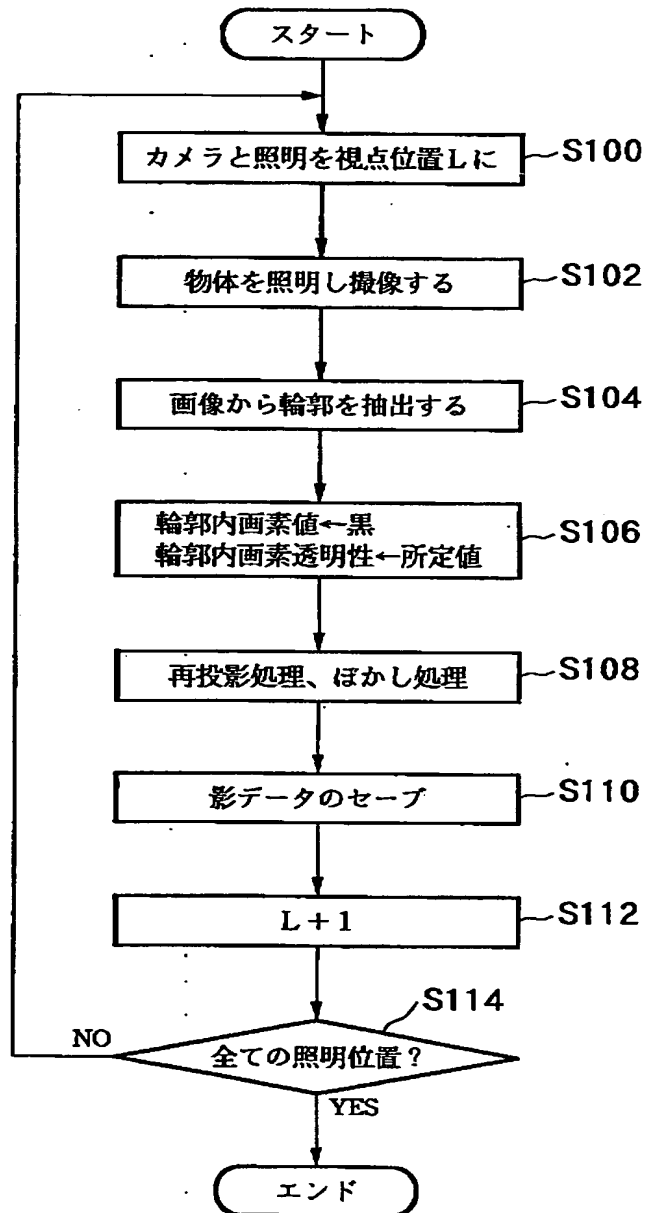
【図 2 4】



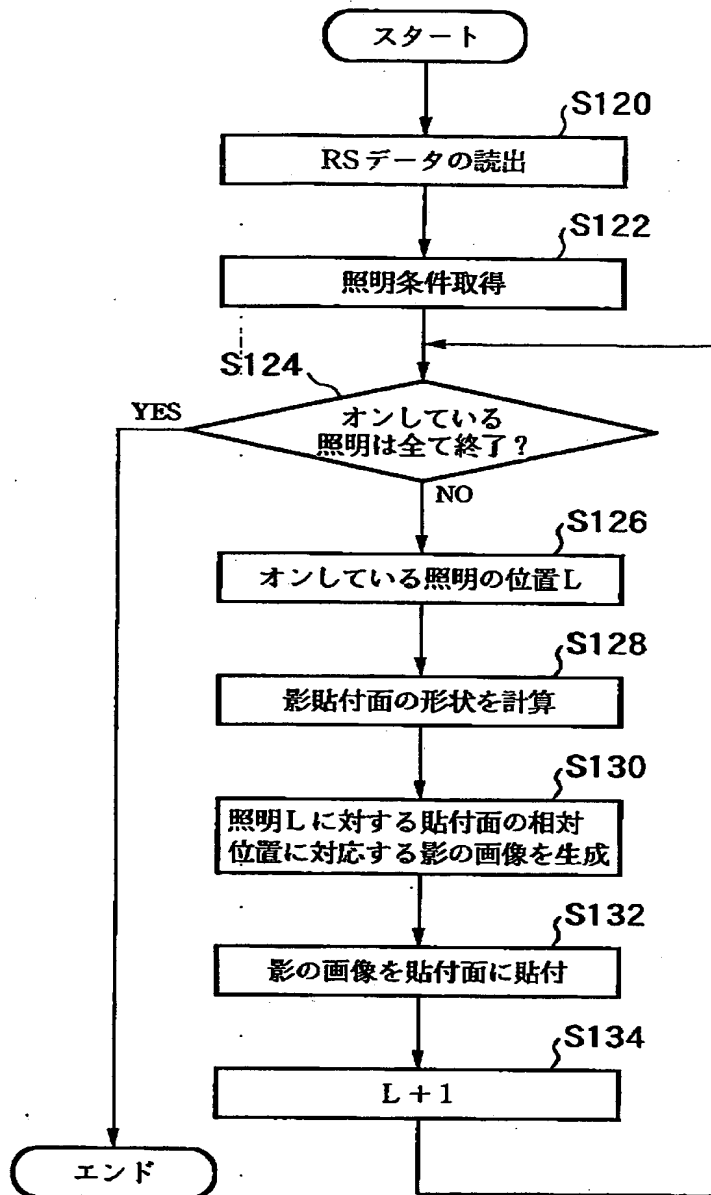
【図 2 5】



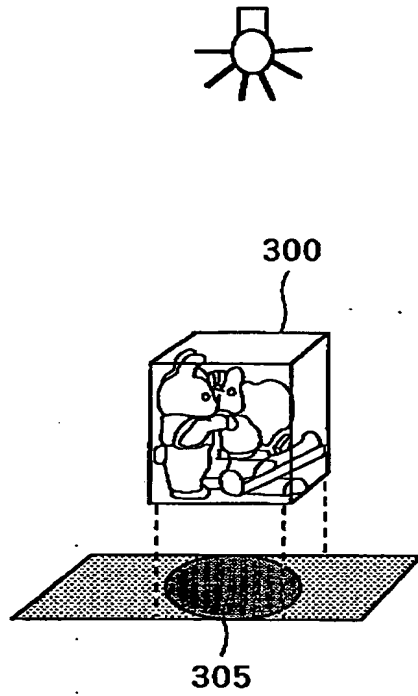
【図 26】



【図 2 7】



【図 2 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光線空間データから仮想物体の画像を、陰影を付与して生成する

【解決手段】 現実物体の実写画像をもとにして形成された光線空間データにより前記現実物体を仮想物体として記述し、この光線空間データにより前記仮想物体の仮想画像を生成する画像処理装置であって、現実の照明位置に置かれた照明光源により前記現実物体を照明しながら、現実のカメラ視点位置から、前記現実物体の実写画像を取得する手段と、前記実写画像を画素毎にオブジェクト化された空間データに変換手段と、この空間データを、前記現実照明位置における種々の照明条件と共に検索可能なメモリに記憶する手段とを具備することを特徴とする。

【選択図】 図 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397024225]

1. 変更年月日 1997年 5月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地
氏 名 株式会社エム・アール・システム研究所